

Расчетные показатели теплофизических свойств и толщины ограждающих конструкций в зависимости от структуры материала

№п/ п	Наименование конструкционного материала	Термическое со- противление ма- териала (R), м ² ·К/Вт	Коэффициент теплопроводности (λ), Вт/м·°С	Толщина ограждающей конструкции, м
1	Керамзитобетон	1,99	0,29	0,60
2	Пенобетон	1,99	0,223	0,45
3	Крупнопористый вермикулитобетон	1,99	0,15	0,30
4	Пеновермикулитобетон	1,99	0,124	0,25

1. Теоретические и технологические принципы создания теплоизоляционных материалов нового поколения в гидротеплосиловом поле. – М.: МПА, 2000. – 352 с.

2. Современные композиционные материалы / Под ред. Л.Браутмана и Р.Крока. – М.: Мир, 1970. – 240 с.

3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: АО «Астра семь», 1998. – 768 с.

4. Маляренко В.А. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений. – Харьков: Рубикон, 2001. – 348 с.

5. СНиП 11.3-79. Строительная теплотехника. – М.: Госстрой СССР, 1986.

Получено 20.05.2005

УДК 531.787 : 536.08

Г.А.ЛЕЩИНСКИЙ, канд. техн. наук, А.К.ДЗЮБЕНКО

Украинская инженерно-педагогическая академия, г.Харьков

ИЗМЕРЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕД

Описывается методика измерения давления и температуры с использованием ее для сбросного паропровода турбины.

При эксплуатации турбин К300-240 на ряде электростанций были обнаружены опасные вибрации трубопровода обеспаривания линии промежуточного перегрева пара в момент открытия сбросного клапана. Устранение этих вибраций связано с определением нестационарных газодинамических сил, действующих на трубопровод, которые вычисляются через нестационарные параметры потока пара в трубопроводе. Для этого необходимо было определять давление и температуру в ряде сечений трубопровода при открытии сбросного клапана.

Этим вопросом в теоретическом плане занимались отечественные и зарубежные ученые [1, 2].

При выборе аппаратуры для измерения нестационарных давлений учитывались следующие факторы: простота и надежность датчика; серийность промежуточной усилительной аппаратуры и возможность

ее использования со стандартными регистрирующими приборами без дополнительных согласующих элементов. Перечисленным требованиям удовлетворяют серийные проволочные тензодатчики типа ТДДМ, включаемые в схему тензометрического усилителя с выходом на светолучевой осциллограф.

В первых опытах были обнаружены аномальные отрицательные давления (рис.1, кривая 1), зафиксированные в начальные моменты сброса пара.

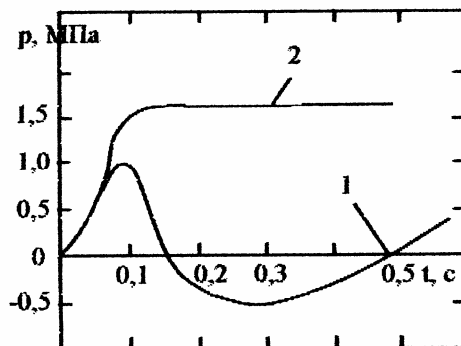


Рис.1 – Зависимость давления от времени при действии на тензодатчик:
1 – сбросного пара; 2 – холодного воздуха

Для выяснения источников погрешности тензодатчики были испытаны на установке, схема которой приведена на рис.2.

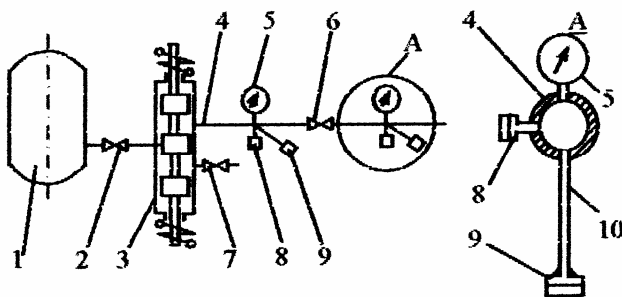


Рис.2 – Схема стенда для моделирования процесса сброса пара

Труба 4 диаметром 40 мм с установленными на ней тензодатчиками соединяется с воздушным ресивером 1, давление в котором поддерживается постоянным и равным 3,5 МПа. Давление в трубе 4 регулировалось вентилем 2 и устанавливалось равным давлению в сброс-

ном трубопроводе за клапаном. Вентиль 6 имитировал гидравлические потери сбросного трубопровода. Манометры 5 служили для контроля давлений в испытываемой трубе.

Холодный воздух из ресивера 1 через вентиль 2 и быстродействующий золотник 3 с электромагнитным управлением поступал в трубу и воздействовал на мембраны тензодатчиков 8, 9. Время переключения золотника (0,1 с) примерно соответствовало времени открытия сбросного клапана. Процесс изменения давления воздуха в трубе в момент переключения золотника осциллографировался. Рост давления в этом случае был плавным, отрицательных забросов не наблюдалось (рис.1, кривая 2). Следовательно, причиной «провала» давлений является температурный перепад между верхней (соприкасающейся с паром) и нижней поверхностями мембраны, уменьшающийся по мере ее прогрева. Направление появляющейся при этом температурной деформации мембраны противоположно направлению деформации от силы измеряемого давления (мембрана прогибается навстречу нагревающему ее пару), что воспринимается тензометром как снижение давления. Описываемая температурная погрешность носит переходный характер и исчезает после прогрева мембраны.

Для устранения обнаруженной погрешности было решено подключать тензодатчики к сбросному трубопроводу через промежуточные удлинительные трубки 10, наполненные водой (рис.2). В этом случае поток тепла к мембране, а следовательно, и ее нагрев ограничен термическим сопротивлением столбика воды.

Оценим величину амплитудно-частотных и фазовых искажений при таком методе измерения нестационарных давлений. Собственная частота системы f_0 , состоящей из заполненных водой внутренних объемов удлинительной трубки и датчика (до мембраны) определяется формулой [1]

$$f_0 = \sqrt{\frac{3r^2v^2}{16\pi lV}}, \quad (1)$$

где r и l – внутренний радиус и длина удлинительной трубки; v – скорость звука в воде; V – внутренний объем датчика, заполненный водой. В этом случае $r=0,005$ м, $l=0,3$ м, $V=2,8 \cdot 10^{-6}$ м³.

Из формулы (1) получим $f_0=2000$ Гц. Частота измеряемых давлений не превышает $f=20$ Гц. Следовательно, резонансная частота системы передачи давления по удлинительной трубке в 100 раз превосходит максимально возможную частоту измеряемых давлений. При та-

ком соотношении f/f_0 применение удлинительной трубки не может вносить в измерения заметные частотные искажения.

Определим отношение давления ρ внутри рабочей полости тензодатчика к измеряемому давлению $\rho_{\text{вх}}$ на входе в удлинительную трубку [1]

$$\frac{\rho}{\rho_{\text{вх}}} = \left\{ \left[1 - \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right]^2 + 4h^2 \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right\}^{-0,5},$$

где степень успокоения $h = \frac{v}{\nu r^3} \sqrt{\frac{3lV}{\pi^3}}$; v – коэффициент кинематической вязкости воды.

В результате вычисления получаем $\rho/\rho_{\text{вх}} = 0,0001$, что обозначает практическое отсутствие амплитудных искажений давлений. Сдвиг фаз ϕ между ρ и $\rho_{\text{вх}}$ определяется формулой [1]

$$\phi = \arctg \left[-2h \frac{f}{f_0} / \left(1 - \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right) \right].$$

Вычислив, получим $\phi = 0,19 \cdot 10^{-8}$, что дает возможность сделать вывод о практическом отсутствии фазовых искажений.

Кроме того, фазовые искажения, вносимые удлинительными трубками, будут одинаковыми для всех точек отбора давлений ввиду одинаковой геометрии отборов. Поэтому при одновременном измерении давлений фазовые искажения не повлияют на результаты. (Отсутствие амплитудно-частотных и фазовых искажений экспериментально подтвердилось при испытаниях датчиков воздухом на установке (рис.2).

На следующем этапе проверки тензодатчиков эта установка подключалась к паровой магистрали с давлением 3,6 МПа и температурой 565°C. При этом одновременно испытывались два тензодатчика [8, 9], установленные в одном сечении трубы: с промежуточной удлинительной трубкой, заполненной водой и без нее.

Расшифровки осциллограмм датчиков 8 и 9 были подобны кривым 1 и 2 (рис.1), что подтверждает ранее высказанное предположение.

В качестве тензоусилителя использовался серийный десятиканальный транзисторный усилитель постоянного тока типа «Топаз-1» с источником питания типа «Гранат». Тензодатчики совместно с усилителем и осциллографом тарировались на грузопоршневом прессе по обычной методике.

Измерения нестационарных температур выполнялись термодатчиками, основным элементом которых была хромель-алюмелевая термопара с диаметром спая порядка 0,14 мм. Конструкция термодатчика позволяла вводить оголенный спай термопары непосредственно в поток пара. Датчик вворачивался в бонку с резьбой, приваренную к трубопроводу.

Термопары тарировались индивидуально с медь-константовыми удлинительными проводами и гальванометрами осциллографа.

Инерционность термопары определялась согласно [2] с учетом условий теплообмена при обтекании спая потоком перегретого пара и составила не более 0,008 с.

Датчики давлений и температуры попарно устанавливали на трубопроводе сброса пара по его длине.

Существенная нестационарность исследуемого процесса была обусловлена малым временем открытия сбросного клапана (0,1 с). Во время измерений сервомотор сбросного клапана отключался от линии защиты турбины и управлялся золотником с ручным управлением, включенным в гидравлическую схему имитации аварийных режимов, вызывающих сброс пара. Это позволило отработать методику измерений и уточнить полученные данные без нарушений режима работы турбины.

Результаты измерений послужили основой для газодинамических и вибрационных расчетов сбросного трубопровода.

Таким образом, обнаружены и устранены причины динамической температурной погрешности измерения давлений мембранными датчиками при сбросе высокотемпературных сред; предложена и отработана на сбросном трубопроводе методика измерения нестационарных давлений и температуры перегретого пара.

Результаты измерений используются для газодинамических расчетов, имеющих целью предотвратить опасные вибрации трубопроводов и их разрывы, которые, в свою очередь, приводят к выбросам среды и ухудшению экологического состояния на электростанциях, в особенности на АЭС.

1.Нуберт Г.П. Измерительные преобразователи неэлектрических величин. – Л.: Энергия, 1970. – 360 с.

2.Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. –

УДК 656 : 338.47

И.А.ГАВРИЛЕНКО, Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются вопросы надежности трубопроводных транспортных систем и методы их оценки. Предлагается новый подход к оценке надежности, учитывающий надежность функционирования системы и надежность поставки целевого продукта потребителям.

Совершенствование и развитие современных транспортных систем, существенная доля которых приходится на трубопроводный транспорт, по-прежнему остается одной из актуальнейших проблем, стоящих в настоящее время перед народным хозяйством Украины.

Основное функциональное назначение трубопроводной транспортной системы состоит в обеспечении потребителей требуемым количеством целевого продукта (ЦП) под давлением не менее минимально допустимого при максимально возможной надежности функционирования сети и максимально возможной надежности (не ниже заданной) поставки ЦП каждому потребителю. При этом во времени объем поставляемого ЦП для каждого потребителя изменяется (по часам суток, дням недели, сезонам и т.д.), а обеспечить требуемое поточное распределение необходимо с минимальными общими затратами, включая энергетические затраты на транспорт целевого продукта, ликвидацию аварий, общие расходы на содержание служб эксплуатации и пр., и максимальной общей прибылью.

Трубопроводные транспортные сети относятся к очень сложным системам, и общее состояние сетей, как правило, отличается от спроектированных вследствие:

- переменного характера потребления целевого продукта;
- дальнейшего разветвления сети и изменения протяженности;
- нарастающих темпов износа и старения трубопроводов;
- ограниченности финансовых ресурсов на модернизацию инженерных систем;
- отсутствия нормативно закрепленных методов оценки надежности трубопроводных транспортных систем.

Все это приводит к снижению надежности существующих трубо-